



Étude réalisée par l'Universitat de  
Barcelona, dans le cadre d'un  
Partenariat Scientifique avec le Parc  
National de Port-Cros  
Contrat n° : 16-010 - 83400 PC

**Acquisition et renseignement de l'indicateur espèces  
thermophobes : État des populations de la gorgone blanche  
*Eunicella singularis* dans le Parc national de Port-Cros dans  
le cadre de OBi\_1. (2016).**



Octobre 2016

## **Parc national de Port-Cros – Universitat de Barcelona**

Acquisition et renseignement de l'indicateur espèces thermophobes : État des populations de la gorgone blanche *Eunicella singularis* dans le Parc national de Port-Cros dans le cadre de OBi\_1. (2016).

## **Partenariat scientifique Universitat de Barcelona & PNPC**

Contrat n° : 16-010 - 83400 PC

### **Commande :**

Parc national de Port-Cros - BP 70 220  
Castel Sainte Claire, 83418 Hyères Cedex  
Tél : 04.94.12.82.30 Fax : 04.94.12.82.31

### **Réalisation :**

Département d'Ecologia, Universitat de Barcelona.  
Diagonal 643, 08028 Barcelona, Espagne.  
Tél. (+34) 934021509 Fax : (+34) 934111438 <http://www.ub.edu/ecologia>  
Correspondants pour cette étude : hereu@ub.edu

Réalisation de l'échantillonnage : Bernat HEREU, Pol CAPDEVILA, Eneko ASPILLAGA, Marta PAGES, Alba MEDRANO

Rédaction du document : B. HEREU, P. CAPDEVILA, E. ASPILLAGA

Crédit photographique : B. HEREU, E. ASPILLAGA, P. CAPDEVILA

Les documents rendus par l'Université de Barcelona, dans le cadre de cette étude, engagent sa responsabilité et sa crédibilité scientifique. Ils ne peuvent pour cette raison être modifiés sans son accord.

En cas d'utilisation totale ou partielle de ce document, il doit être cité sous la forme suivante :

HEREU B., CAPDEVILA P., ASPILLAGA E., PAGES M., MEDRANO A. 2016. Acquisition et renseignement de l'indicateur espèces thermophobes : État des populations de la gorgone blanche *Eunicella singularis* dans le Parc national de Port-Cros dans le cadre de OBi\_1. (2016). Rapport final. Contrat Parc national de Port-Cros & Universitat de Barcelona, 35 pp.

## Sommaire

1. Rappel de la problématique de l'étude.....	4
2. Méthodes d'échantillonnage .....	5
3. Résultats .....	8
4. Discussion et conclusions .....	14
5. Références .....	15
6. Planches photographiques .....	19
7- Annexe. À propos d'un évènement de mortalité d'algues corallinacées incrustantes .....	22

## 1. Rappel de la problématique de l'étude

Un défi fondamental pour les écologistes et les gestionnaires de la nature est de prédire comment les espèces réagiront aux changements environnementaux actuels et futurs liés au changement global de l'environnement (Harley *et al.*, 2006). Dans ce contexte, la mer Méditerranée est l'une des régions touchées par le changement climatique où le réchauffement est plus rapide (IPCC, 2007) et où ont également lieu plusieurs perturbations d'origine anthropique (Coll *et al.*, 2008).

Parmi les communautés marines de la Méditerranée, le coralligène est l'une des plus diverses, mais elle est aussi l'une des plus menacées par le réchauffement climatique (Ballesteros, 2006). Au cours des dernières années, certaines espèces ingénieures de cette communauté (comme les gorgones, coraux et éponges) ont été affectées par plusieurs phénomènes de mortalité en masse (Coma *et al.*, 2009). Néanmoins, il a été difficile d'évaluer la magnitude et les causes de ces perturbations, car il n'y a pas de références historiques pour la plupart des espèces coralligènes en Méditerranée. Ainsi, l'étude de leurs populations est essentiel pour établir une référence, définir la fréquence et l'intensité de ces perturbations, et de prévenir les futures tendances des populations affectées.

Les gorgones jouent un rôle important comme ingénieurs de l'écosystème (Jones *et al.*, 1994.) en fournissant de la biomasse, de la structure biogénique et de la biodiversité (Gili & Coma 1998 ; Ballesteros, 2006). Par conséquent, des changements dans leur abondance peuvent fortement influencer sur l'organisation et le fonctionnement des communautés benthiques de fond dur. En outre, les caractéristiques de l'histoire de vie de ces espèces à longévité élevée et à croissance lente les rendent très vulnérables à de nombreuses perturbations naturelles et anthropiques directes et indirectes, telles que l'ancrage et des engins de pêche (Bavestrello *et al.*, 1997), la plongée (Coma *et al.*, 2004 ; Linares & Doak 2010), le braconnage (Linares *et al.*, 2012) et des mortalités massives (Cerrano *et al.*, 2000 ; Linares *et al.*, 2005, 2010 ; Garrabou *et al.*, 2009).

Parmi les gorgones méditerranéennes, la gorgone blanche *Eunicella singularis* (Esper, 1791) est l'une des espèces les plus communes et les plus abondantes dans le bassin ouest (Weinberg & Weinberg, 1979 ; Linares *et al.* 2008 ; Gori *et al.*, 2011a), habituellement présente dans les sites exposés aux courants (Weinberg 1975, 1980). *E. singularis* est une espèce gonochorique et itéropare, avec fécondation interne de la femelle (couveuse) et les larves se rencontrent généralement fin mai - juin (Ribes *et al.*, 2007 ; Gori *et al.*, 2007). Au cours des dernières années, cette espèce a été affectée par plusieurs phénomènes de mortalité de masse dans la Méditerranée occidentale : La Ciotat (mer de Ligure ; Harmelin , 1984), Côte de Provence et de la mer de Ligurie (Cerrano *et al.*, 2000 ; Perez *et al.*, 2000), Iles Baléares (NO de la Méditerranée, Coma *et al.*, 2006), îles d'Ischia et de Procida (mer Tyrrhénienne ; Gambi *et al.*, 2006), les îles Phlaegrean (mer Tyrrhénienne ; Cigliano & Gambi, 2007), Cabo de Palos - île de Cabrera (NO Méditerranée ; Coma *et al.*, 2007). En outre, même plusieurs années après ces événements, certaines populations ont été observées encore blessées (Coma *et al.*, 2006). Ces phénomènes

de mortalité de masse ont été principalement liés à des anomalies climatiques (Garrahou *et al.*, 2009 ; Coma *et al.*, 2009). Par conséquent, le réchauffement climatique devrait entraîner une baisse des populations de gorgones blanches et peut induire de profonds changements dans la composition de la communauté (Cerrano *et al.*, 2000 ; Coma *et al.*, 2000 ; Perez *et al.*, 2000 ; Garrahou *et al.*, 2001 ; Coma & Ribes, 2003).

Ainsi, la connaissance de leurs caractéristiques démographiques constitue la première étape vers l'élaboration d'un plan de conservation fiable. Obtenir des données démographiques sur des échelles temporelles et spatiales longues pourrait nous permettre d'établir une base de référence pour déterminer l'ampleur et l'intensité des perturbations et d'anticiper les trajectoires futures des populations perturbées.

La nature sessile et le rôle structuel des gorgones permettent d'appliquer plusieurs progrès théoriques et méthodologiques développés en écologie forestière pour étudier les effets des perturbations sur ces espèces marines (Linares *et al.*, 2008). Bien qu'elles ne peuvent pas être utilisées pour prédire la croissance ou la santé future avec précision (Condit *et al.*, 1998), les distributions de taille couplées avec des mesures de la densité des plantes ont été utilisées pour explorer les dynamiques démographiques spécifiques en réponse aux perturbations passées (Niklas *et al.*, 2003). Perturbations telles que les tempêtes violentes ou des mortalités massives peuvent modifier la structure de taille des populations de gorgones, avec réduction de la densité, causant la perte de colonies grandes et matures et l'augmentation de la proportion d'individus de petite taille dans la population (Cerrano *et al.*, 2005 ; Linares *et al.*, 2005 ; Cupido *et al.*, 2007 ; Bramanti *et al.*, 2009).

Par conséquent, une surveillance a été lancée l'année 2013 dans le but d'évaluer l'état de santé des populations moins profondes de gorgones, et de recueillir des données démographiques qualitatives et quantitatives sur les populations de *Eunicella singularis* dans les eaux du Parc national de Port-Cros.

L'objectif dans cette étude est donc développer et implémenter un indicateur de l'"Observatoire de la Biodiversité du Parc national de Port-Cros", pour obtenir une référence de la densité, la taille et les blessures causées dans les populations les moins profondes (qui sont plus vulnérables aux anomalies climatiques) de gorgone blanche, et 2) obtenir un aperçu de l'apparition de troubles récents ou passés des populations de gorgone blanche.

## 2. Méthodes d'échantillonnage

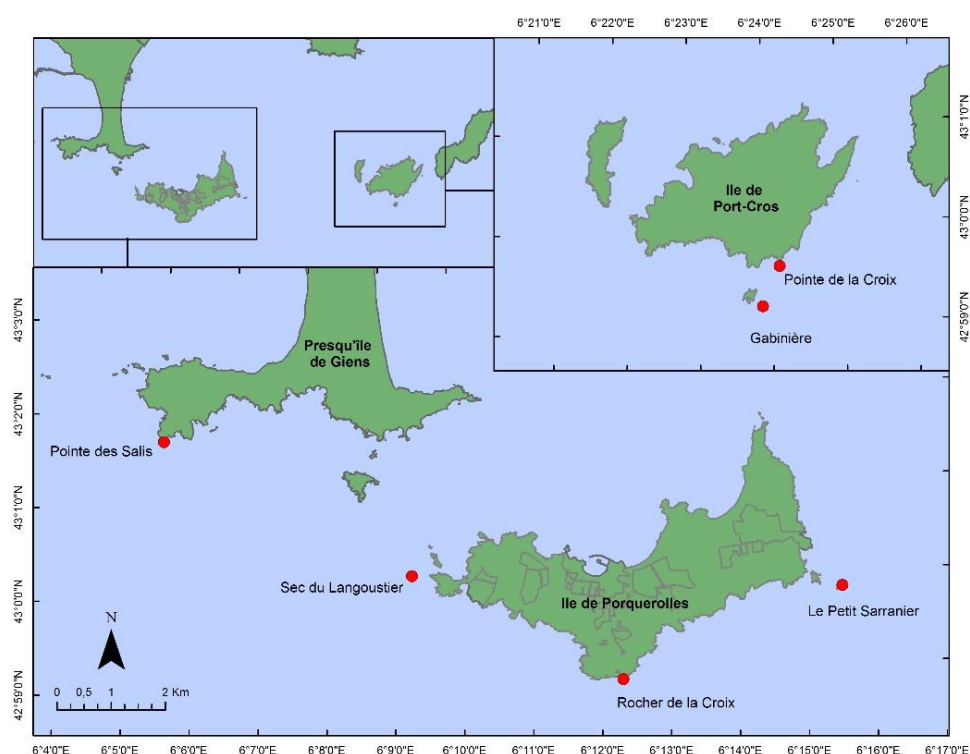
En Méditerranée NO, les gorgones sont généralement présentes dans les sites exposés à des courants (Weinberg, 1980). Dans la première mission qui a été rendue l'année 2013, 6 sites ont été identifiées comme sites d'échantillonnage pour la poursuite de leur étude: 3 à Porquerolles, 1 à Giens et 2 à Port-Cros (Figure 1). L'objectif initial était de réaliser un échantillonnage symétrique avec 2 populations échantillonnées à Port-Cros, Porquerolles et Giens pour couvrir la

variabilité sur l'ensemble de la zone. Néanmoins, une seule population a été trouvée à Giens, alors nous avons ajouté un site d'échantillonnage supplémentaire à Porquerolles.

Cette année, une nouvelle station a été étudiée à la Gabinière. La raison est que la station qui a été étudiée pendant les années précédentes était très faiblement dense et restreinte à une surface très petite. En outre, l'année dernière nous avons découvert une nouvelle population dans la même aire (au sec de la Gabinière), beaucoup plus dense et étendue, raison pour laquelle il nous a paru convenable de l'incorporer au suivi à la place de la première. Cependant, pour ne pas réaliser un changement brusque de stations, cette année on a combiné les deux stations de façon à pouvoir réaliser une comparaison pour vérifier qu'il n'y a pas de différences significatives par rapport à la possible mortalité.

Nous n'avons pas pu échantillonner le site de l'île du Levant en raison du refus d'autorisation de plonger dans la zone militaire.

Afin de réaliser un contrôle plus fin de la température de l'eau dans les stations étudiées, on a installé des thermomètres qui enregistrent la température en continu pour chacune des populations. Ces thermomètres ont été fixés au fond avec du mastic epoxi avec l'objectif de les récupérer pendant la saison de l'année prochaine et pouvoir ainsi corréler des événements éventuels de mortalité avec la température à laquelle les populations ont été soumises.



**Figure 1.** Stations d'échantillonnage pour la surveillance des populations de *Eunicella singularis* dans les eaux du Parc national de Port-Cros.

**Tableau 1.** Relation de stations de surveillance, et la présence d'espèces de gorgones.

	Station	Date	Long	Lat	Espèces
<b>Giens</b>	Pointe des Salis		43° 59.226' N	6° 5.785' E	<i>E. singularis</i>
					<i>P. clavata</i>
					<i>E. cavolini</i>
<b>Porquerolles</b>	Petit Sarranier		42° 59.854' N	6° 15.622' E	<i>E. singularis</i>
	Rocher de la Croix		42° 59.912' N	6° 12.316' E	<i>E. singularis</i>
	Sec du Langoustier		43° 0.111' N	6° 9.189' E	<i>E. singularis</i> <i>E. cavolini</i> <i>P. clavata</i>
<b>Port-Cros</b>	Pointe de la Croix		42° 59.561' N	6° 29.180' E	<i>E. singularis</i> <i>P. clavata</i>
	Gabinière SE		42° 59.226' N	6° 23.761' E	<i>E. singularis</i> <i>P. clavata</i> <i>E. cavolini</i>
	Sec de la Gabinière		42° 59.175' N	6° 23.654' E	<i>E. singularis</i> <i>P. clavata</i> <i>E. cavolini</i>

Sur chaque site d'échantillonnage, les limites maximales et minimales de la distribution des populations de *E. singularis* ont été enregistrées et la densité de population et la structure de taille ont été estimées, à l'échelle de profondeur où l'on a observé une densité plus élevée. Afin de surmonter la variabilité spatiale à la plus petite échelle, trois sous-populations séparées par 50 m ont été sélectionnées à chaque site d'échantillonnage. La densité a été estimée en comptant tous les individus inclus dans cadrats de 50 x 50 cm<sup>2</sup> placés au hasard. Un minimum de 50 colonies par sous-population a été examiné, et aussi la hauteur maximale a été mesurée avec une règle, selon la distance entre la base de la colonie et l'extrémité de la pointe la plus éloignée.

L'erreur standard (SE) de la fonction de la taille de l'échantillon est utilisée pour déterminer la taille minimale de l'échantillon nécessaire pour examiner la densité et la gravité des blessures des colonies sur chaque site. Dans une étude précédente, la taille minimale de l'échantillon de *E. singularis* a été estimée à 1,75 m<sup>2</sup> et 50 colonies, lorsque la variance de la densité et de l'étendue de la blessure s'est stabilisé à environ 5-10% de la moyenne (Coma *et al.* 2006 ; Linares *et al.*, 2008).

En outre, l'étendue et la nature des blessures ont été enregistrées pour chaque colonie. On a estimé le pourcentage de la surface totale de chaque colonie montrant des dommages ou la perte de tissu comme cela a été effectué dans des études antérieures (Linares *et al.*, 2005, 2008).

Dans les colonies affectées, la condition de l'axe du squelette a été classée dans une des quatre catégories: (1) extrémité apicale dénudée, qui est causée par une mortalité récente, (2) axe dénudé, qui est causé par une mortalité récente, (3) épibiose sur l'axe et l'extrémité apicale, signe d'une mortalité passée ou (4) des colonies mortes, ce qui est signe d'une mortalité passée. Nous avons également estimé la proportion de chaque type de blessure pour toutes les colonies affectées.

Les analyses démographiques ont été réalisées en regroupant les colonies dans des classes de hauteur de 10 cm.

Pour la représentation graphique, les colonies ont été regroupées en trois catégories en fonction de l'étendue de la blessure (suivant la même méthodologie utilisée par Linares *et al.*, 2008, afin de rendre possible des comparaisons postérieures) : <10%, 10% -90%, > 90 % (mortes).

### 3. Résultats

#### Descriptif des sites visités

En général, nous n'avons pas observé de signe de mortalité récente attribuable à quelque épisode de mortalité arrivé l'année précédente dans aucune station. Également, nous n'avons pas trouvé une grande affectation de l'algue filamenteuse *Acinetospora* sp.. Le seul fait remarquable, d'ailleurs déjà observé pendant les années précédentes, est la grande quantité de fils de pêche abandonnés qu'il y a à la station de Pointe de Salis, ce qui cause une certaine mortalité aux gorgones puisqu'elles s'y embrouillent.

Un autre fait remarquable cette année est l'incorporation de la nouvelle station du sec de la Gabinière. Cette population possède une densité très élevée et présente un très bon état, avec une faible taxe de nécrose (voir ci-dessous). En outre, elle n'a pas présenté des différences de mortalité par rapport à la station de la Gabinière étudiée les années précédentes. Le fait qu'il s'agit d'une population plus grande avec un nombre d'individus plus élevé qui peut nous fournir une information plus fiable par rapport aux épisodes potentiels de mortalité future, on propose d'incorporer cette nouvelle station au suivi et d'abandonner l'antérieure (malgré qu'on aura toujours les données de ces années en tant que référence et elle pourra être revisitée lorsqu'on le considérera convenable).

Sur les planches photographiques on montre des photos de chacune des populations étudiées.

#### Structure des populations

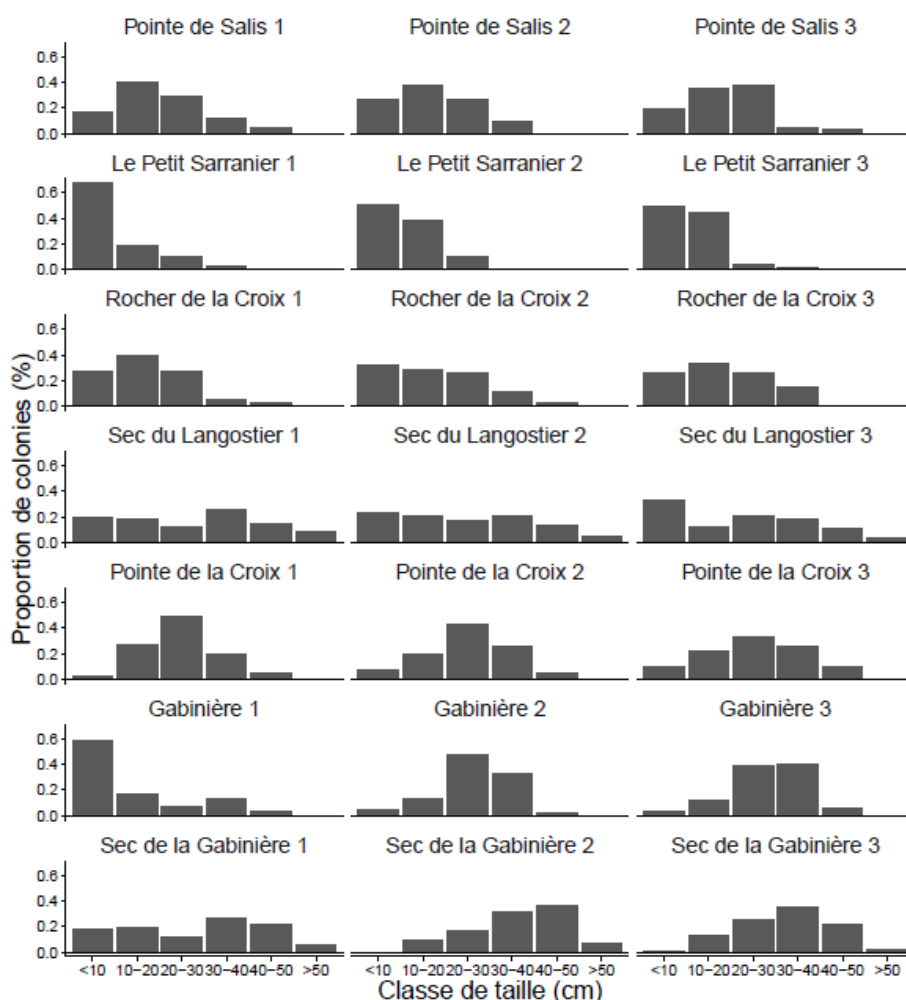
La densité de *E. singularis* a varié entre 8.4 et 16.7 colonies/m<sup>2</sup> (Tableau 2). La hauteur moyenne a varié considérablement entre les sites (allant de 10.35 à 31.39;  $F = 95.09$ ,  $p < 0.001$ ). Enfin, la hauteur moyenne augmente considérablement avec la profondeur ( $F = 421.06$ ,  $p < 0.001$ ).

Bien qu'il y ait une grande variabilité, la distribution des fréquences de taille pour les populations de *E. singularis* a été unimodale sur tous les sites étudiés (Figure 2). La plupart des populations a montré une forte proportion de colonies de taille moyenne (entre 10-20 et 20-30 cm) et une diminution subséquente des grandes classes de taille. Néanmoins, la population du Petit Sarranier a montré une plus grande proportion de la plus petite classe de taille (0-10 cm), et la population du Sec du Langoustier n'a pas montré une prévalence de classes de taille (Figure 2).



**Tableau 2** - Informations détaillées sur chaque population étudiée. Nombre de quadrats (NC), densité moyenne (N/m<sup>2</sup>), déviation standard de la densité (SDD), limite supérieure de la profondeur (Prof min), limite inférieure de la profondeur (Prof max), profondeur avec la densité maximale (Prof Opt), hauteur moyenne des colonies (H), déviation standard de la hauteur moyenne (SDH), hauteur maximale de colonie (Hmax), hauteur minimale de la colonie (Hmin).

Localité	Prof Min	Prof Max	Prof Opt	NC	N/m <sup>2</sup>	SDD	H	SDH	H Max	H Min
Pointe de Salis	9,5	31	17	83	13,20	8,58	18,59	9,12	45,5	3
Le Petit Sarranier	11	18	13	94	10,13	8,45	10,35	6,58	35,2	1
Rocher de la Croix	11	27	13	68	20,18	9,56	17,20	9,94	46	0,5
Sec du Langostier	16,5	27	23	70	10,97	7,70	24,29	15,46	59	1,7
Pointe de la Croix	16,5	31	19	70	16,74	8,76	24,36	9,10	48	2
Gabinière	15	38	23	99	8,40	9,35	20,89	12,29	48	1,5
Sec de la Gabinière	18	39	23	62	14,25	6,17	31,39	12,49	54	3,2



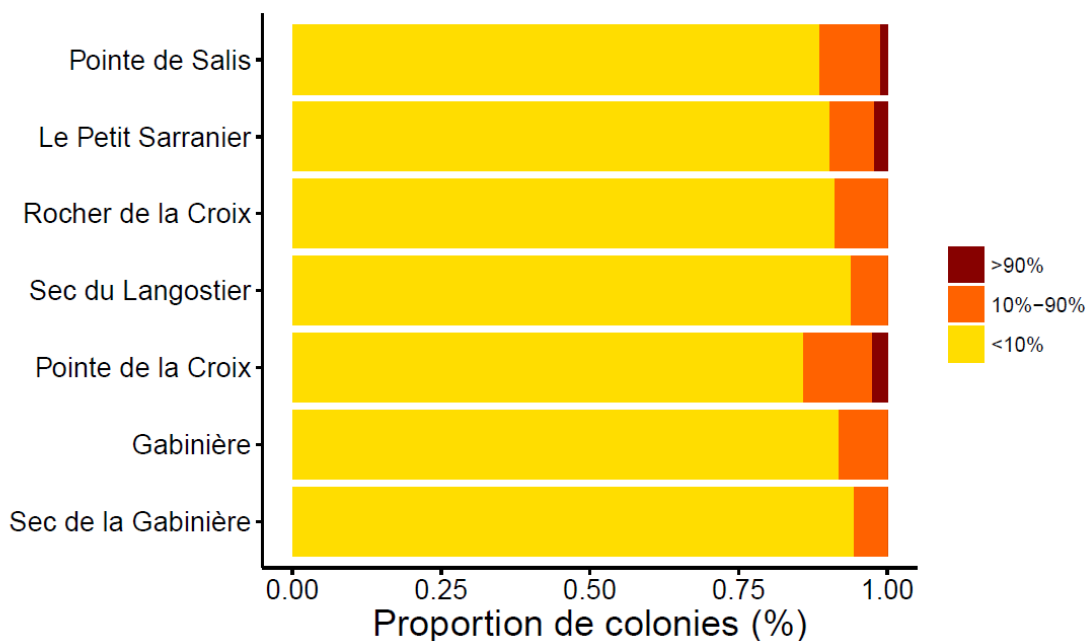
**Figure 2** - Fréquence de classes de taille de chaque sous-population des stations étudiées, avec la profondeur de chacune d'elles.

## Mortalité

L'étendue moyenne de la blessure du tissu des colonies a été de  $4.85 \pm 17.43\%$ , et a varié significativement entre les populations (ANOVA,  $F = 5.22$ ,  $p < 0.001$ ) mais ne montre pas des différences entre les différentes profondeurs (ANOVA,  $F = 1.63$ ,  $p = 0.20$ ) (Tableau 3). Dans ces sites d'échantillonnage, la plupart des colonies ont présenté moins de 10% de surface lésée (Figure 3).

**Tableau 3.** Pourcentage de l'étendue de la blessure (% lésion) par colonie, % des colonies blessés et type de blessure: (1) extrémité apicale dénudée, (2) axe dénudé, (3) épibiose sur l'axe et l'extrémité apicale et (4) colonies mortes.

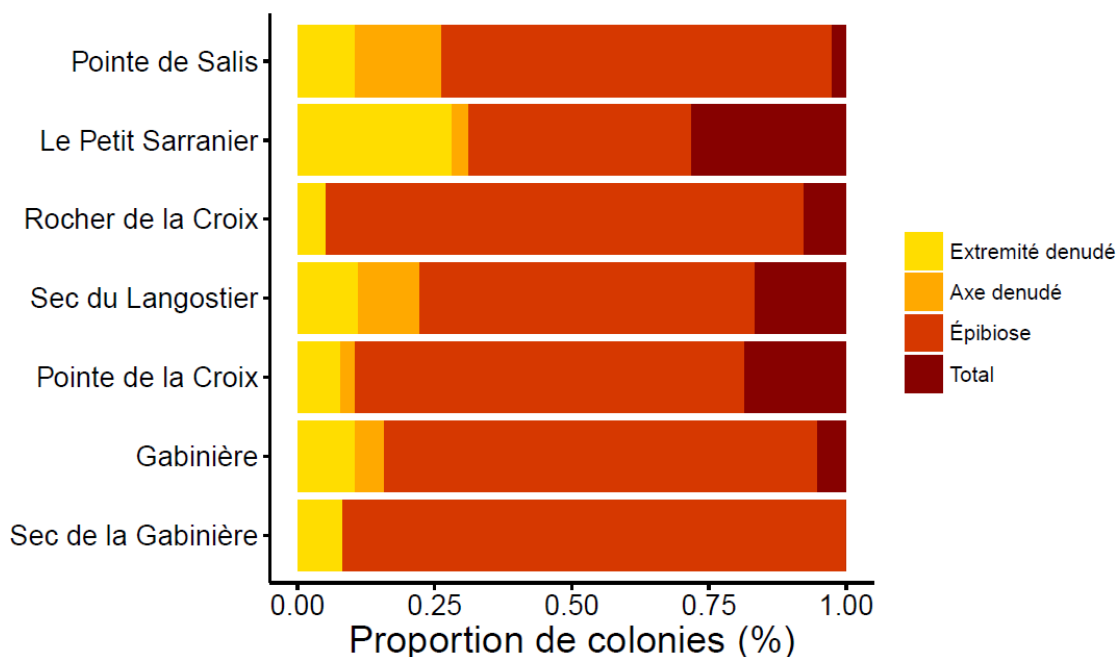
Station	N	% lésion		% colonies blessés				
		Moy.	sd	Touts	(1)	(2)	(3)	(4)
Pointe de Salis	274	4,75	15,75	19,39	2,04	3,06	13,78	0,51
Le Petit Sarranier	238	8,38	24,75	16,33	4,59	0,51	6,63	4,59
Rocher de la Croix	343	3,25	13,11	19,90	1,02	0,00	17,35	1,53
Sec du Langostier	192	3,44	15,54	9,18	1,02	1,02	5,61	1,53
Pointe de la Croix	293	8,97	24,23	19,39	1,53	0,51	13,78	3,57
Gabinière	208	2,73	11,25	9,69	1,02	0,51	7,65	0,51
	221	1,36	6,36	6,12	0,51	0,00	5,61	0,00



**Figure 3-** Proportion de colonies présentant une affectation de mortalité : < 10%, 10%-90% et >90%.

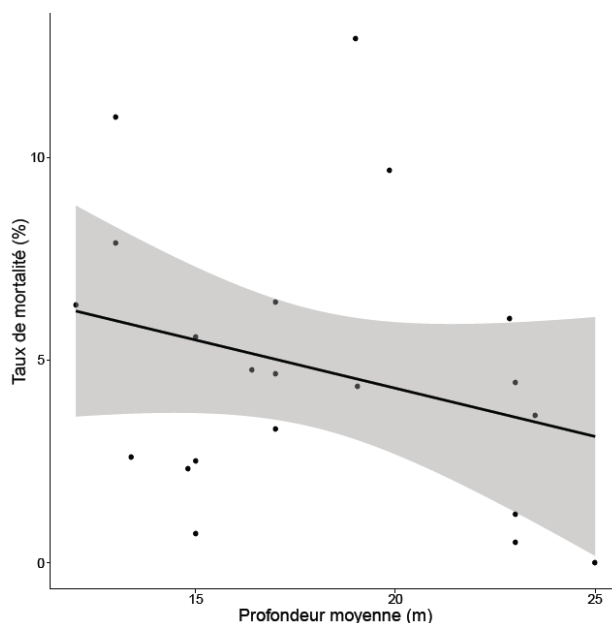
Les axes avec épibiose se sont révélés le type le plus fréquent de blessures (de 61 % à 91 % des colonies blessées) (Figure 4). En outre, tous les sites sauf le Sec de la Gabinière et le Rocher de la croix présentaient certains signes de mortalité récente, avec une proportion relativement faible de colonies avec des bouts dénudés apicaux (de 2.7% à 16.21 % des colonies). La mortalité récente au niveau des axes est faible ou nulle dans les populations, avec des valeurs plus hautes sur les populations de Pointe des Salis et sec du Langoustier (10.8% et 14.3 % respectivement).

Néanmoins, il a été observé une petite proportion de colonies avec mortalité totale (entre le 3.1 % et 14.3 %).



**Figure 4-** Proportion de chaque type de blessure des colonies affectées sur les stations étudiées.

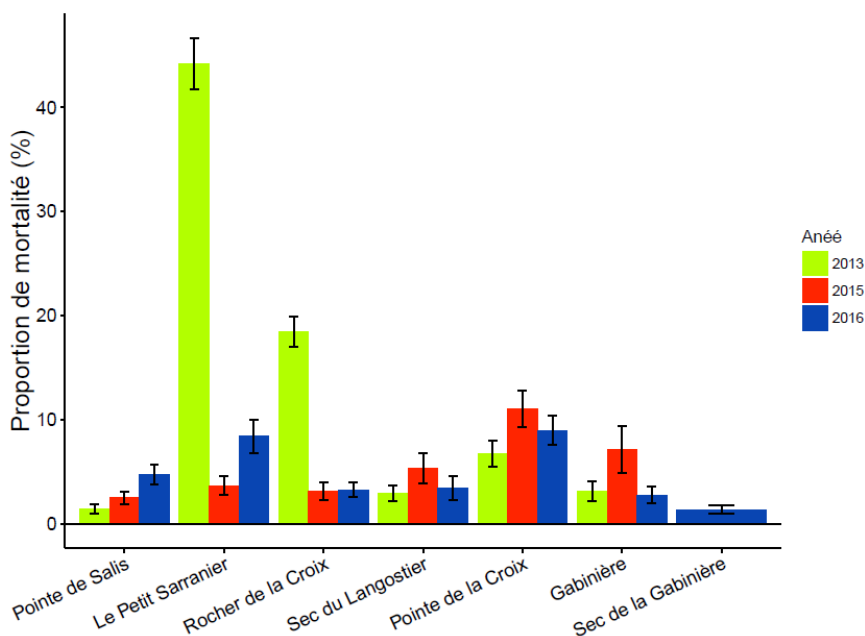
L'étendue moyenne de la lésion ne montre aucune relation significative avec la profondeur, malgré que l'on observe une certaine mortalité plus élevée dans les zones les moins profondes ( $R^2 = -0.09$ ,  $p = 0.20$ ) (Figure 5).



**Figure 5-** Relation entre la profondeur et le taux de mortalité pour chaque sous-population étudiée.

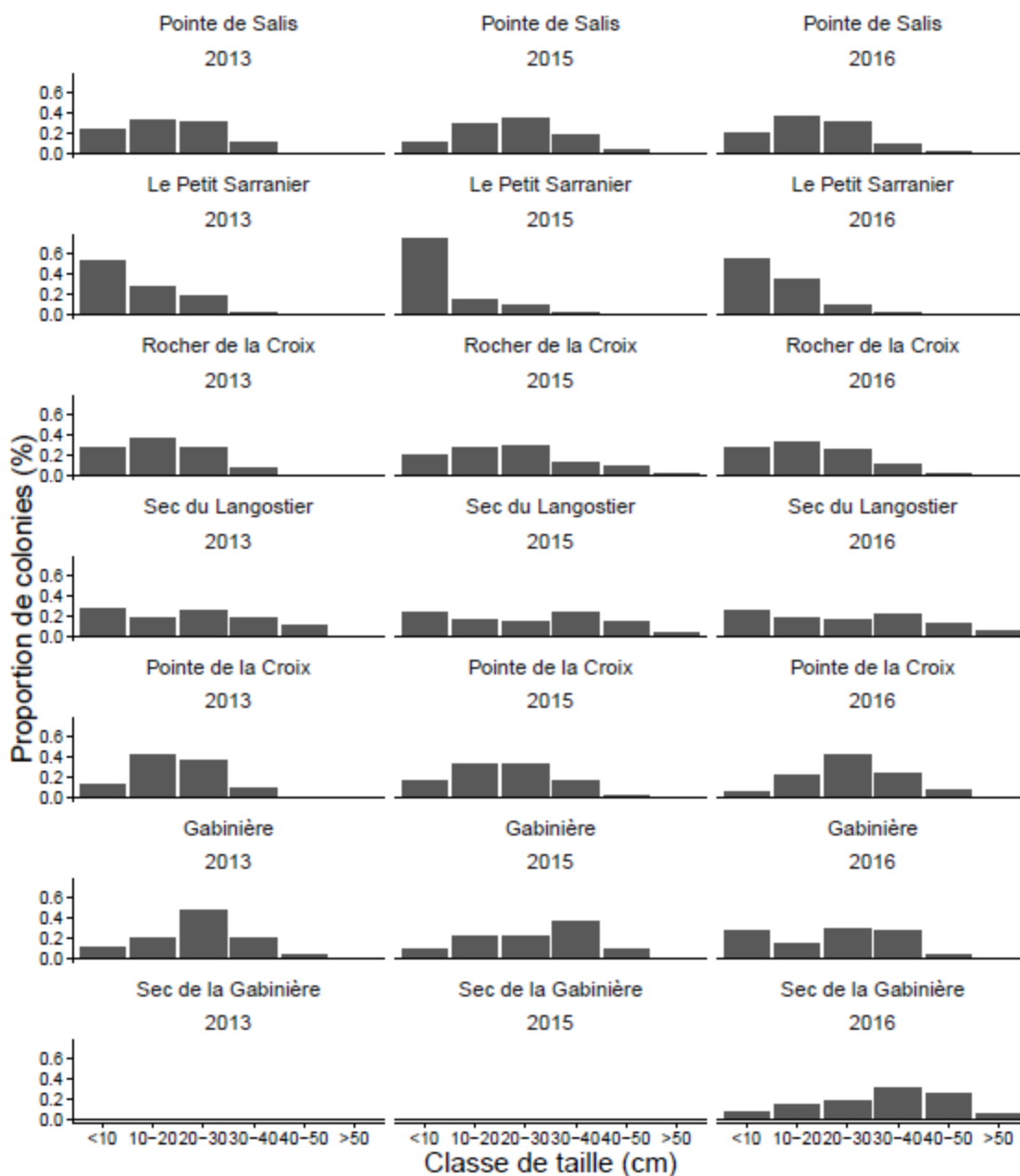
### Evolution des populations 2013-2015

Cette année la mortalité a été plus petite (ANOVA,  $F=58,17$ ,  $p<0,01$ ) mais également variable entre stations (ANOVA,  $F=6,37$ ,  $p<0,01$ ; Figure 6).



**Figure 6.** Taux de mortalité moyenne (%) des populations de *Eunicella singularis* dans les stations suivies pendant les années 2013 et 2015.

L'évolution de la structure de tailles des stations se montre plus ou moins stable au cours du temps, à l'exception des stations où l'on a détecté une forte mortalité en 2013, en particulier au Petit Sarranier, où la forte mortalité fait diminuer la proportion des tailles les plus grandes en faveur des plus petites qui ont également augmenté à cause du recrutement dans cette zone (Figure 7).



**Figure 7** - Fréquence de classes de taille de populations étudiées les années 2013, 2015 et 2016.

## 4. Discussion et conclusions

- La plupart des populations de gorgones de Port-Cros n'a pas montré de mortalité significative. La plupart des populations étudiées a été dominée par des colonies de taille moyenne, a montré une faible proportion de colonies fortement endommagées et les colonies les plus blessées avaient des épibiontes, suggérant que la plupart n'a pas été exposée à de fortes perturbations.

- La population de Petit Sarranier est celle qui a montré davantage de différences car après la haute mortalité détectée en 2013 il y a eu un fort recrutement, ce qui amène à penser que cette population possède une dynamique de perturbation et récupération beaucoup plus élevée que le reste de populations étudiées. Les impacts humains ne sont pas considérés comme une cause possible à cet endroit, étant donné le statut de protection du site.

- Cette année nous n'avons pas noté de prolifération de macroalgues filamenteuses, qui ont recouvert une grande partie du substrat tout en provoquant des impacts en 2015.

## 5. Références

- BALLESTEROS E., 2006. - Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanogr Mar Biol*, 44: 123–195.
- BAVESTRELLO G., CERRANO C., ZANZI D., CATTANEO-VIETTI R., 1997. - Damage by fishing activities to the gorgonian coral *Paramuricea clavata* in the Ligurian Sea. *Aquat Conserv*, 7: 253-262.
- BRAMANTI L., IANNELLI M., SANTANGELO G., 2009. - Mathematical modelling for conservation and management of gorgonians corals: youngs and olds, could they coexist?. *Ecol Model*, 220(21): 2851-2856.
- CERRANO C., BAVESTRELLO G., BIANCHI C. N., CATTANEO-VIETTI R., BAVA S., MORGANTI C., MORRI C., PICCO P., SARA G., SCHIAPARELLI S., SICCARDI A., SPONGA F., 2000. - A catastrophic mass-mortality episode of gorgonians and other organisms in the Ligurian Sea (north-western Mediterranean), summer 1999. *Ecol Lett*, 3: 284–293.
- CERRANO C., ARILLO A., AZZINI F., CALCINAI B., CASTELLANO L., MUTI C., VALISANO L., ZEGA G., BAVESTRELLO G., 2005. - Gorgonian population recovery after a mass mortality event. *Aquat Conserv*, 15: 147-157.
- CIGLIANO M., GAMBI M. C., 2007. - The long hot summer: A further mortality event of gorgonians along the Phlaegrean Islands (Tyrrhenian Sea). *Biol Mar Medit*, 14: 292–293.
- COLL M., LIBRALATO S., TUDELA S., PALOMERA I., PRANOVI F., 2008. - Ecosystem Overfishing in the Ocean. *PLoS ONE*, 3(12): e3881.
- COMA R., RIBES M., 2003. - Seasonal energetic constraints in Mediterranean benthic suspension feeders: effects at different levels of ecological organization. *Oikos*, 101: 205–215.
- COMA R., RIBES M., GILI J. M., ZABALA M., 2000. - Seasonality in coastal benthic ecosystems. *Trends Ecol Evol*, 15: 448–453.
- COMA R., POLA E., RIBES M., ZABALA M., 2004. - Long-term assessment of temperate octocoral mortality patterns, protected vs. unprotected areas. *Ecol Appl*, 14: 1466–1478.
- COMA R., LINARES C., RIBES M., DIAZ D., GARRABOU J., BALLESTEROS E., 2006. - Consequences of a mass mortality in populations of *Eunicella singularis* (Cnidaria: Octocorallia) in Menorca (NW Mediterranean). *Mar Ecol Prog Ser*, 327: 51–60.
- COMA R., SERRANO E., LINARES C., RIBES M., CALVIN J. C., 2007. - *Informe sobre el estado de las poblaciones de gorgonias de la reserva marina de las Islas Hormigas*. Servicio de Pesca y Acuicultura de la Comunidad Autónoma de Murcia.
- COMA R., RIBES M., SERRANO E., JIMÉNEZ E., SALAT J., PASCUAL J., 2009. - Global warming-enhanced stratification and mass mortality events in the Mediterranean. *PNAS*, 106: 6176-6181.

- CONDIT R., SUKUMAR R., HUBBELL S.P., FOSTER R.B., 1998. - Predicting population trends from size distributions: a direct test in a tropical tree community. *Am Nat*, 152: 495–509.
- GAMBI M. C., CIGLIANO M., IACONO B., 2006. - Segnalazione di un evento di mortalità di Gorgonacei lungo le coste delle isole di Ischia e Procida (Golfo di Napoli, Mar Tirreno). *Biol Mar Medit*, 13: 583–587.
- GARRABOU J., PEREZ T., SARTORETTO S., HARMELIN J. G., 2001. - Mass mortality event in red coral *Corallium rubrum* populations in the Provence region (France, NW Mediterranean). *Mar Ecol Prog Ser*, 217: 263–272.
- GARRABOU J., BALLESTEROS E., ZABALA M., 2002. - Structure and dynamics of north-western Mediterranean rocky benthic communities along a depth gradient. *Estuar Coast Shelf S*, 55: 493–508.
- GARRABOU J., COMA R., BALLY M., BENSOUSSAN N., CHEVALDONNÉ P., CIGLIANO M., DIAZ D., HARMELIN J. G., GAMBI M. C., KERSTING D. K., LEJEUSNE C., LINARES C., MARSCHAL C., PÉREZ T., RIBES M., ROMANO J. C., SERRANO E., TEIXIDO N., TORRENTS O., ZABALA M., ZUBERER F., CERRANO C., 2009. - Mass mortality in Northwestern Mediterranean rocky benthic communities: effects of the 2003 heat wave. *Glob Change Biol*, 15: 1090-1103.
- GILI J. M., COMA R., 1998. - Benthic suspension feeders: their paramount role in littoral marine food webs. *Trends Ecol Evol*, 13: 316–321.
- GORI A., LINARES C., ROSSI S., COMA R., GILI J. M. 2007. - Spatial variability in reproductive cycle of the gorgonians *Paramuricea clavata* and *Eunicella singularis* (Anthozoa, Octocorallia) in the Western Mediterranean Sea. *Mar Biol*, 151: 1571-1584.
- GORI A., ROSSI S., BERGANZO E., PRETUS J. L., DALE M. R., GILI J. M., 2011 a. - Spatial distribution patterns of the gorgonians *Eunicella singularis*, *Paramuricea clavata*, and *Leptogorgia sarmentosa* (Cape of Creus, Northwestern Mediterranean Sea). *Mar Biol*, 158(1): 143-158.
- GORI A., ROSSI S., LINARES C., BERGANZO E., OREJAS C., DALE M. R. T., GILI J. M., 2011 b. - Size and spatial structure in deep versus shallow populations of the Mediterranean gorgonian *Eunicella singularis* (Cap de Creus, northwestern Mediterranean Sea). *Mar Biol*, 158: 1721-1732.
- HARLEY C. D., RANDALL HUGHES A., HULTGREN K. M., MINER B. G., SORTE C. J., THORNBUR C. S., RODRIGUEZ L.F., TOMANEK L., WILLIAMS, S. L., 2006. - The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecol Lett*, 9(2): 228-241.
- HARMELIN J. G., 1984. - Biologie du Corail Rouge. Paramètres de populations, croissance et mortalité. Etat des connaissances en France. – In: Charbonnier D. and Garcia S. (eds), Rapport de consultation technique du CGPM sur les ressources du corail rouge de la Méditerranée occidentale et leur exploitation rationnelle. FAO rapport N° 306 sur les Pêches, Palma de Mallorca: 99–103.

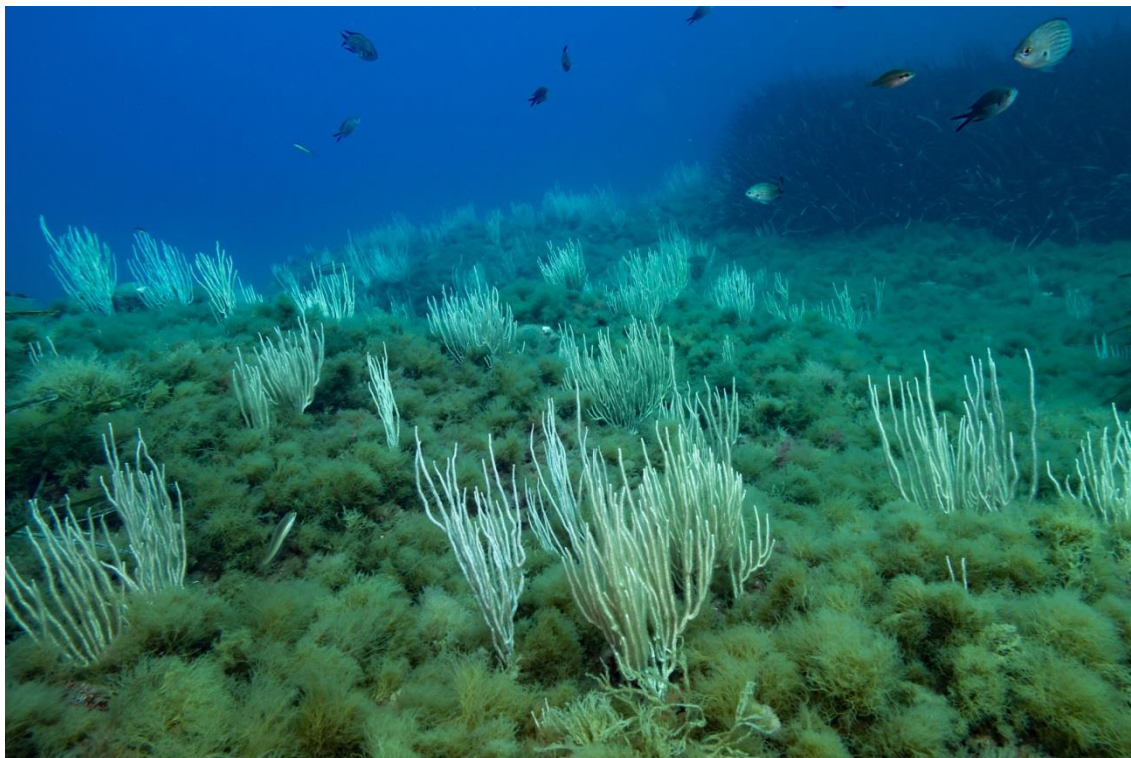


- HARMELIN J. G., 2004. - Environnement thermique du benthos côtier de l'île de Port-Cros (parc national, France, Méditerranée nord-occidentale) et implications biogéographiques. *Sci Rep Port-Cros Natl Park Fr*, 20: 173-194.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), 2007. - *Climate Change 2007: The Physical Sciences Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report to the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK: 1-996.
- JONES C. G., LAWTON J. H., SHACHAK M., 1994. - Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*, 69: 373–386.
- LINARES C., DOAK D., 2010. - Forecasting the combined effects of disparate disturbances on the persistence of long-lived gorgonians: the case study of *Paramuricea clavata*. *Mar Ecol Prog Ser*, 402: 59-68.
- LINARES C., COMA L., DIAZ D., ZABALA M., HEREU B., DANTART L., 2005. - Intermediate and delayed effects of a mass mortality event on gorgonian population dynamics and benthic community structure in the NW Mediterranean Sea. *Mar Ecol Prog Ser*, 305: 127–137.
- LINARES C., COMA R., GARRABOU J., DIAZ D., ZABALA M., 2008. - Size distribution, density and disturbance in two Mediterranean gorgonians: *Paramuricea clavata* and *Eunicella singularis*. *J Appl Ecol*, 45: 688-699.
- LINARES C., ZABALA M., GARRABOU J., COMA R., DIAZ D., HEREU B., DANTART L., 2010. - Assessing the impact of diving in coralligenous communities. The usefulness of demographic studies of red gorgonian populations. *Sci Rep Port-Cros natl Park*, 24: 161-184.
- LINARES C., GARRABOU J., HEREU B., DIAZ D., MARSCHAL C., SALA E., ZABALA M., 2012. - Assessing the effectiveness of marine reserves on unsustainably harvested long-lived sessile invertebrates. *Conserv Biol*, 26: 88-96.
- LINARES C., CEBRIAN E., KIPSON S., GARRABOU J., 2013. - Does thermal history influence the tolerance of temperate gorgonians to future warming? *Mar Environ Res*, 89: 45-52.
- NIKLAS K. J., MIDGLEY J. J., HAND R. H., 2003. - Tree size frequency distributions, plant density, age and community disturbance. *Ecol Lett*, 6: 405-411.
- PEREZ T., GARRABOU J., SARTORETTO S., HARMELIN J. G., FRANCOUR P., VACELET J., 2000. - Mortalité massive d'invertébrés marins: Un événement sans précédent en Méditerranée nord-occidentale. *C R Acad Sci Paris III*, 323: 853–865.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2007) R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL. <http://www.Rproject.org>
- RIBES M., COMA R., ROSSI S., MICHELI M., 2007. - The cycle of gonadal development of *Eunicella singularis* (Cnidaria: Octocorallia): trends in sexual reproduction in Mediterranean gorgonians. *Inv Biol*, 126: 307–317.

- WEINBERG S., 1978. - Mediterranean octocorallian communities and the abiotic environment. *Mar Biol*, 49: 41-57.
- WEINBERG S., 1980. - Autecology of shallow-water Octocorallia from Mediterranean rocky substrata, II. Marseille, Côte d'Azur and Corsica. *Bijdr Dierkd*, 50: 73-86.
- WEINBERG S., WEINBERG F., 1979. - The life cycle of a gorgonian: *Eunicella singularis* (Esper, 1794). *Bijdr Dierkd*, 48: 127-140.
- ZABALA M., BALLESTEROS E., 1989. - Surface-dependent strategies and energy flux in benthic marine communities or, why corals do not exist in the Mediterranean. *Sci Mar*, 53: 3-17.

## 6. Planches photographiques

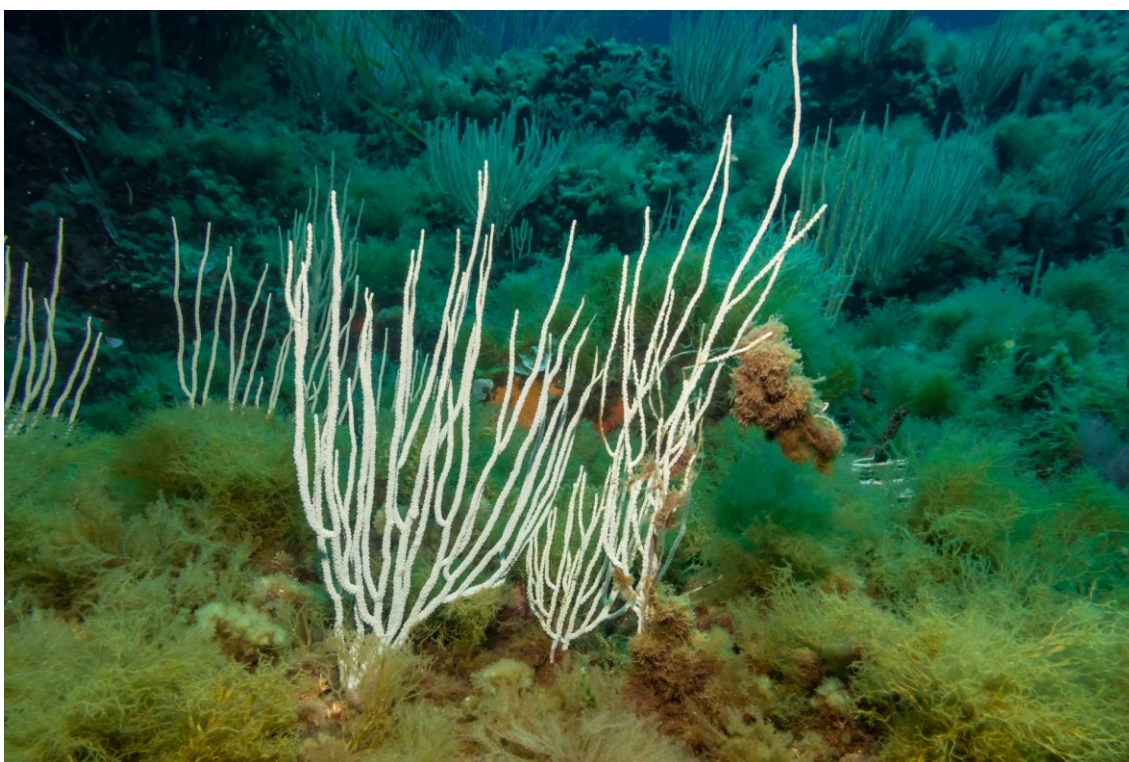
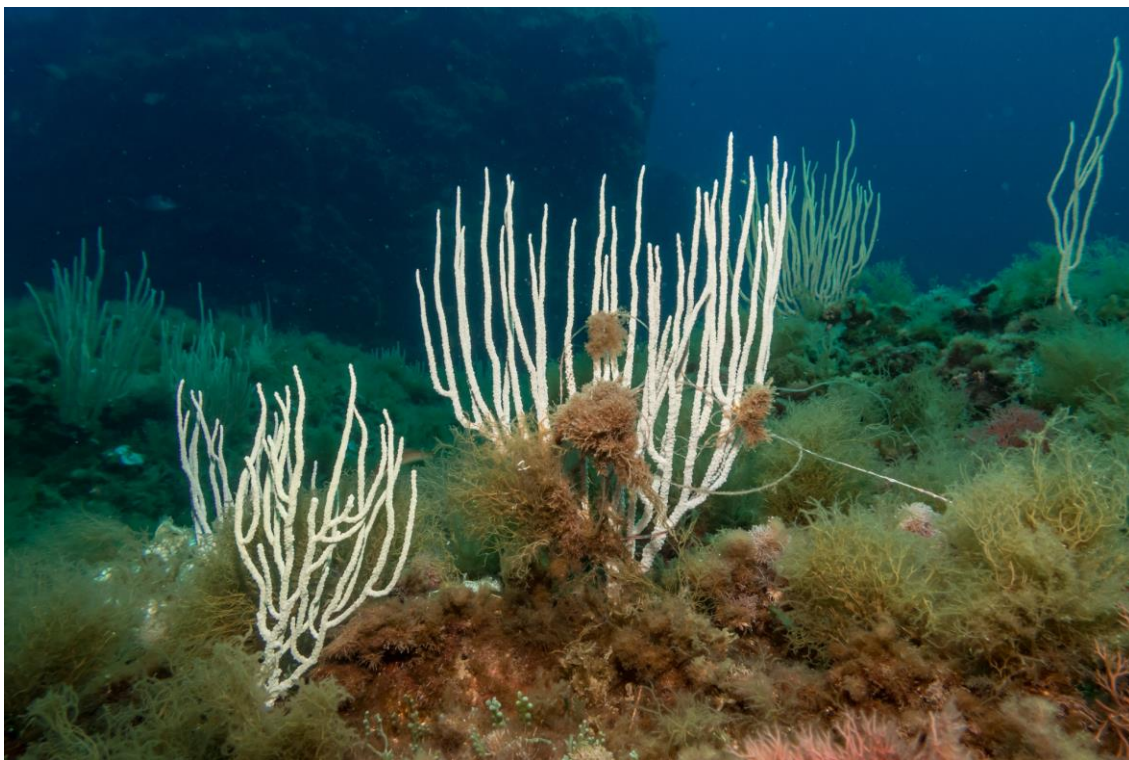
### Giens









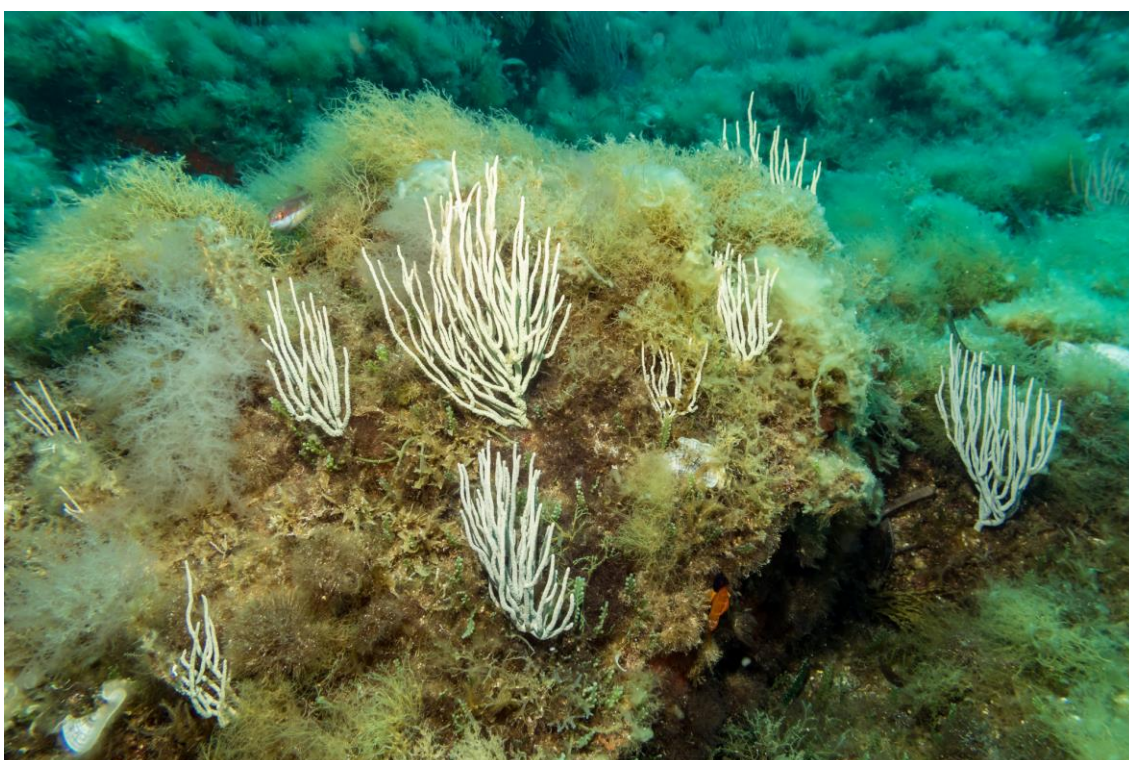








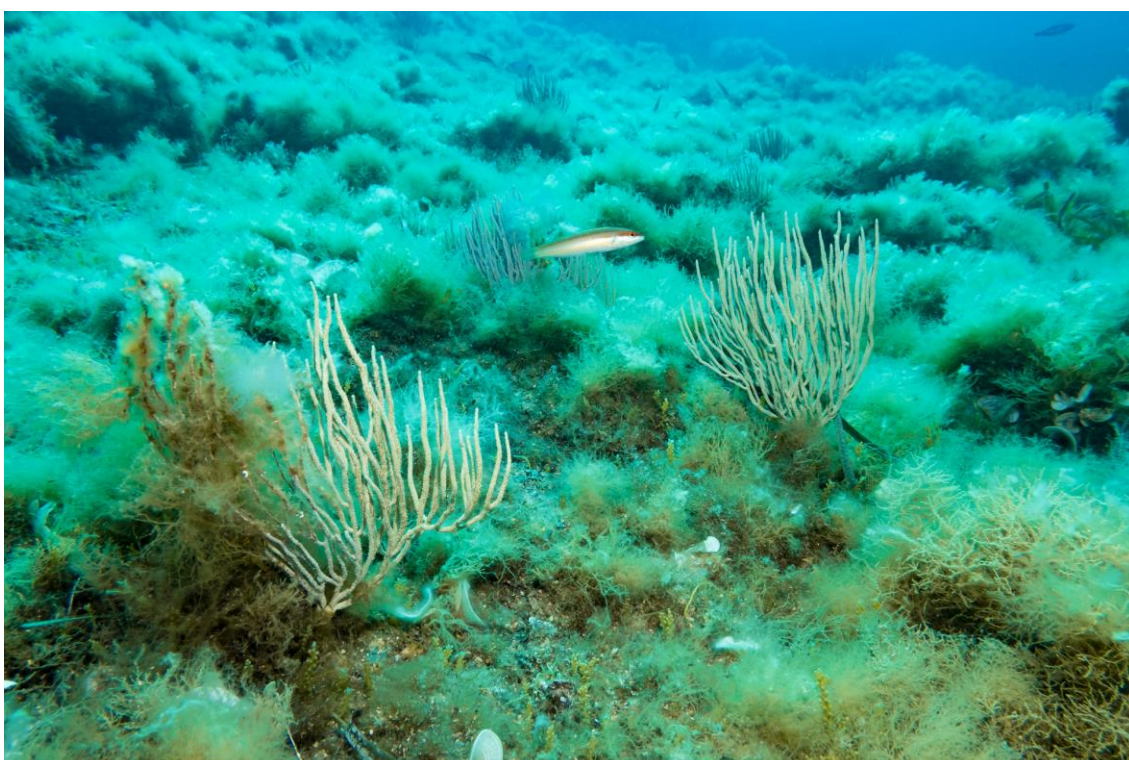
## Petit Sarranier













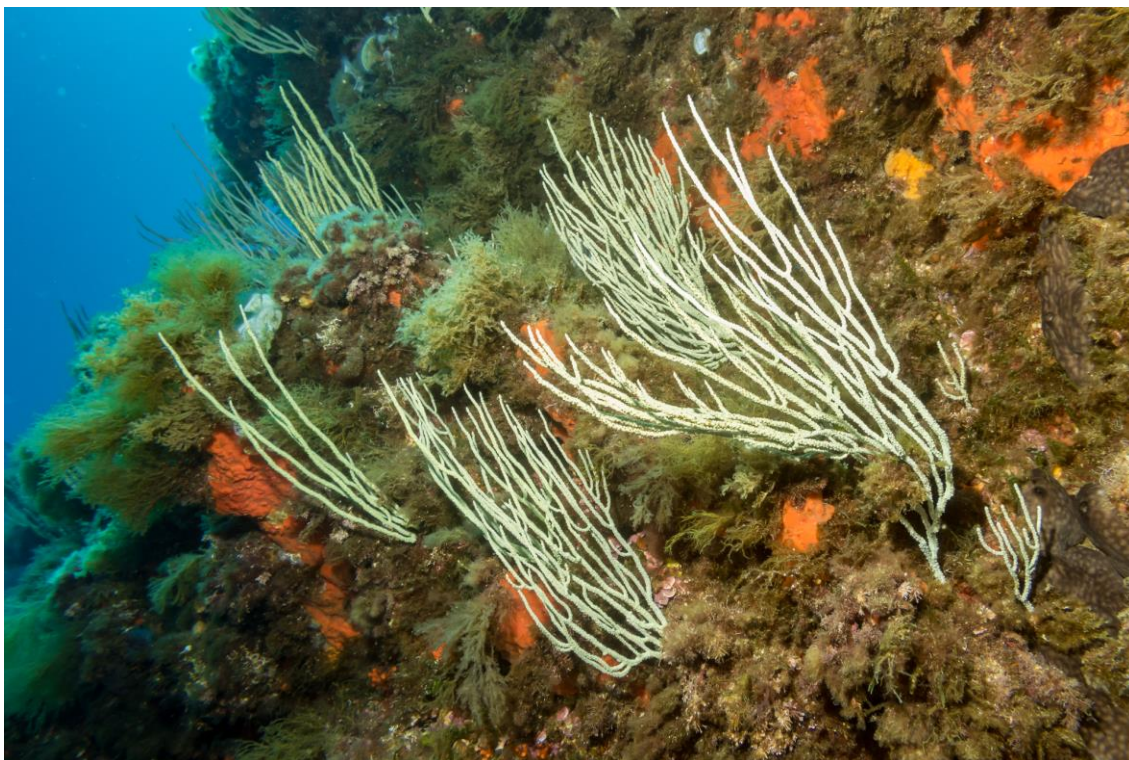
## Rocher de la croix













## Sec du Langoustier











## 7- Annexe. À propos d'un évènement de mortalité d'algues corallinacées incrustantes.

Pendant l'hiver de 2015, un nouveau phénomène de mortalité massive d'algues calcaires incrustantes, jamais décrit auparavant en Méditerranée, a été détecté pour la première fois aux îles Medes (Hereu & Kersting, 2016, voir annexe). Cette maladie est connue sous le nom de syndrome de la bande blanche (ou *coralline white band syndrome*, CWBS; en anglais) et elle correspond à une maladie caractérisée par des blessures sur le tissu algal qui consistent en une perte de tissu, ce qui laisse une visible bande blanche de 1 à 3 cm d'épaisseur et où la tige morte reste exposée ; dans certains cas, l'extension de la blessure peut produire une bande de coloration plus jaunâtre, verdâtre ou rosâtre sur le tissu (Figure 1). Cette mortalité peut affecter de diverses espèces d'algues calcaires incrustantes, telles que *Mesophyllum alternans*, *Lithophyllum stictaeforme*, *Lithophyllum incrustans*, *Lithophyllum byssoides* et *Neogonolithon* sp. Cette mortalité d'algues calcaires pourrait être associée aux anomalies thermiques qui se sont produites pendant l'année 2015 et elle a aussi été observée au Cap de Creus, aux îles Columbretes (D. Kersting, com. pers.), à Banyuls (S. Sartoretto com. Pers.) et en Croatie (N. Cruzic (com. Pers.). Justement, des mortalités similaires en mers tropicales ont été décrites comme conséquence d'anomalies thermiques (Littler et Littler, 1995 ; Ballantine et al., 2005 ; Quéré et al., 2015).

Au Parc National de Port-Cros, on a pu observer ce phénomène de mortalité concernant des espèces diverses d'algues calcaires incrustantes, sur des aires diverses et dans toutes les profondeurs visitées (depuis les 35 mètres jusqu'en surface). Sur les planches photographiques suivantes on montre quelques exemples sur des diverses aires du PNPC.

À cause du rôle écologique important que jouent les algues calcaires, ce genre de mortalité associée à l'augmentation des températures pourrait affecter de façon très significative les écosystèmes marins méditerranéens et, c'est pour cela, que l'on recommande de faire un suivi de l'extension et les effets de cet évènement.

Ainsi, on propose de faire une description de cet épisode de mortalité sur la Réserve Marine des îles Medes, déterminer les espèces concernées, le pourcentage d'affectation et l'étendue bathymétrique de cette mortalité, ainsi que d'établir un point 0 de référence en vue de futurs épisodes potentiels.

### Références

- Ballantine DL, Weil E, Ruiz H (2005) Coralline white band syndrome, a coralline algal affliction in the tropical Atlantic. *Coral Reefs* 24: 117
- Littler MM, Littler DS (1995) Impact of CLOD pathogen on Pacific coral reefs. *SCIENCE* Mar 3: 1356-1356.
- Quéré G, Steneck RS, Nugues MM (2015) Spatiotemporal and species-specific patterns of diseases affecting crustose coralline algae in Curaçao. *Coral Reefs* 34: 259-273
- Hereu, B., and D. K. Kersting. "Diseases of coralline algae in the Mediterranean Sea." *Coral Reefs* 35.2 (2016): 713-713.



## Planches photographiques







